



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



FACULTAD DE
INGENIERÍA
UDELAR

Producción de baterías de litio a partir de material reciclado

Lucía Gutiérrez
Joaquín Leyton
Isabela Bentancor
Gonzalo Tejera
Gastón Alonso

Proyecto de grado presentado a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República en cumplimiento parcial de los requerimientos para la obtención del título de Ingeniero Químico.

Tutores

Ing. Quim. Raúl García
Msc. Ing. Quim. Roberto Kreimerman

Montevideo, Uruguay
Diciembre de 2023

Resumen ejecutivo

En el presente informe se estudia la implementación de una planta dedicada al reciclaje y producción de baterías de litio de vehículos eléctricos. Se plantea ubicar la misma en el departamento de Montevideo (Camino Tomkinson 1425), Uruguay.

Se realiza el desarrollo, a nivel de anteproyecto, únicamente de la etapa de reciclaje de los residuos. En los siguientes capítulos, se lleva a cabo la evaluación integral de la propuesta, tanto a nivel económico-financiero, como ambiental, social y técnico.

El proceso productivo comienza con el procesamiento de residuos de baterías de litio del tipo NMC importadas desde Brasil (dado que el nivel de producción actual del país excede su capacidad de tratamiento y en Uruguay aún no se generan cantidades significativas). Dicho proceso se basa en una combinación de técnicas mecánicas e hidrometalúrgicas, que permiten la recuperación de los distintos metales constitutivos de la estructura de las baterías, siendo el producto principal de esta etapa el carbonato de litio. Se generan a su vez distintos subproductos que corresponden a: cobre, aluminio e hidróxidos mixtos de níquel, manganeso y cobalto.

La etapa principal del proceso corresponde a la lixiviación de los metales de interés y su posterior recuperación (mediante precipitaciones sucesivas). Dada la relevancia de estas etapas, se llevó a cabo un diseño detallado de los equipos requeridos (tanques) y se seleccionaron las condiciones operativas óptimas para su funcionamiento.

Tanto las sales de NMC como el carbonato de litio pueden ser reinsertados en la cadena productiva para la obtención de nuevas celdas (constitutivas de las baterías). Se proyecta la venta de las celdas a BYD Brasil para el ensamblaje de nuevas baterías. El desarrollo de ingeniería detrás de dicha transformación no se abarca en este informe, pero esta forma parte de la actividad de la empresa, contribuyendo a su objetivo de circularizar el consumo de estos recursos.

Lo antes mencionado permite que la empresa tenga un impacto ambiental positivo, reduciendo los residuos generados y funcionando como fuente alternativa a la minería para la obtención de las materias primas requeridas.

Con la planta operando a la capacidad máxima proyectada, se someten al proceso de reciclaje 6.700 toneladas al año de residuos de baterías, obteniéndose 222 toneladas de carbonato de litio (lo que corresponde a una recuperación del 53 % del litio que ingresa). Este producto constituye una venta interna de la empresa (desde la planta de reciclaje a la de producción) que representa un ingreso de USD 8.310.063 anuales.

El análisis económico-financiero se realiza para dos casos distintos: inversión con capital propio y mixto, considerando 10 años de vida útil del proyecto. La tasa de descuento para el caso de capital propio se fijó en 14%, obteniéndose un VAN de USD 10.645.485, una TIR de 27,24% y un período de repago de 5,45 años. Para el caso de capital mixto se considera un préstamo por el 39% del total de la inversión (siendo esta de USD 7.946.432). Para una tasa de descuento calculada de 10,85% se obtuvo un VAN de USD 15.519.390, una TIR de 30,96% y un período de repago de 5,33 años.

En base al análisis realizado se concluye que el proyecto resulta viable y rentable, suponiendo grandes beneficios a nivel nacional referentes a la generación de empleo, el aumento de exportaciones y la inversión en investigación, desarrollo e innovación. Además, supone un aporte significativo a la sostenibilidad de la industria automovilística, basándose en la implementación de tecnologías limpias, procesos eficientes e integración energética.

Palabras clave: litio, reciclaje, vehículos eléctricos, NMC, hidrometalúrgico, circularización, celdas, lixiviación.